

Dr. Bernd Klaeser
Universitätsklinik für Nuklearmedizin
Prof. Michel Mueller
Universitätsklinik für Frauenheilkunde
Inselspital Bern

PET/CT in der Gynäko-Onkologie: Ein Leuchten am Horizont?

Die Entwicklungen und Verbesserungen der bildgebenden Verfahren der letzten Jahre haben einen direkten Einfluss auf unser Fachgebiet und es werden zunehmend hohe Ansprüche an die Diagnostik gestellt. Um optimale Therapien anbieten zu können, müssen Pathologien nicht nur frühzeitig erkannt werden, sondern Invasivität, Ausdehnung und gegebenenfalls Metastasierung präzise charakterisiert werden. Nur so kann präoperativ eine in der individuellen Situation sinnvolle Operationsstrategie mit der Patientin besprochen, je nach Befall auch auf eine Operation verzichtet werden.

Mit der PET/CT steht für onkologische Fragestellungen ein Untersuchungsverfahren zur Verfügung, welches die Vorteile nuklearmedizinischer und morphologisch-anatomischer Schnittbildgebung vereint. Die PET/CT ermöglicht die Detektion und Charakterisierung lymphogener und hämatogener Metastasen im Bereich des gesamten Körperstamms in einem Untersuchungsgang und bietet damit eine zuverlässige Grundlage für die Stadien-adaptierte Therapieplanung.

Eine komplexe Modalität wie die PET/CT muss jedoch unter Gesichtspunkten von therapeutischer Relevanz und Kosteneffizienz sinnvoll in klinische und diagnostische Algorithmen integriert werden. Die in diesem Sinne ausgewogene und optimale Indikationsstellung für eine PET/CT stellt weiterhin eine Herausforderung dar. Der folgende Artikel beschreibt die Vor- und Nachteile der PET/CT und versucht Hilfestellung bei der Auswahl geeigneter Indikationen für die PET/CT in der Frauenheilkunde zu geben.

Allgemeine Grundlagen

Das Prinzip der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) beruht auf dem Nachweis spezifischer metabolischer Eigenschaften von Tumorgewebe nach Injektion eines ra-

dioaktiven Markers. Der in der onkologischen Bildgebung allgemein und auch für gynäkologische Tumoren am häufigsten gebrauchte Marker ist das Glukose-Analogon F-18-Fluorodesoxyglukose (FDG). Dies beruht auf der Tatsache, dass die Mehrzahl maligner Tumore im Vergleich zum normalen Körpergewebe einen erheblich gesteigerten Zuckerumsatz aufweist. FDG wird nach intravenöser Injektion wie Glukose intrazellulär phosphoryliert, im Gegensatz zu Glukose jedoch nicht weiter verstoffwechselt, sondern akkumuliert im Gewebe (sogenanntes „metabolic trapping“). Die Aufnahmen können bei der FDG-PET 60–90 Minuten nach Injektion begonnen werden und benötigen für den gesamten Körperstamm je nach Untersuchungsprotokoll 10–20 Minuten. Wesentlich für eine optimale Qualität der Zuckerstoffwechsel-PET ist die korrekte Vorbereitung der Patientinnen mit einer kohlehydratfreien Diät während mindestens 6 Stunden vor der Untersuchung.

Mit der konventionellen FDG-PET, die seit Mitte der 90er Jahre zunehmend in die diagnostische Routine integriert wurde, konnten im Vergleich zur Computertomographie (CT) bereits signifikant mehr Tumorherde und Metastasen nachgewiesen werden, die genaue Zuordnung der FDG-aviden Läsionen blieb jedoch aufgrund der eingeschränkten topographischen Information der PET-Bilder zuweilen schwierig, der direkte Zugewinn z.B. für die Planung operativer Eingriffe entsprechend limitiert. Bei der Entwicklung der integrierten PET/CT stand der Gesichtspunkt im Vordergrund, die metabolische PET-Information exakt anatomischen Strukturen in der koregistrierten Computertomographie zuordnen zu können. Die Hybridbildgebung mit PET/CT erlaubt jedoch nicht nur die genaue Lokalisation FDG-avidier Läsionen, sondern bietet allgemein gegenüber getrennt angefertigten FDG-PET- und CT-Untersuchungen eine signifikant höhere Spezifität und Genauigkeit (1, 2). Die PET/CT hat seit ihrer Einführung vor rund 10 Jahren eine entsprechend rasante Verbreitung gefunden und PET-Untersuchungen werden heute praktisch flächendeckend als kombinierte PET/CT durchgeführt.

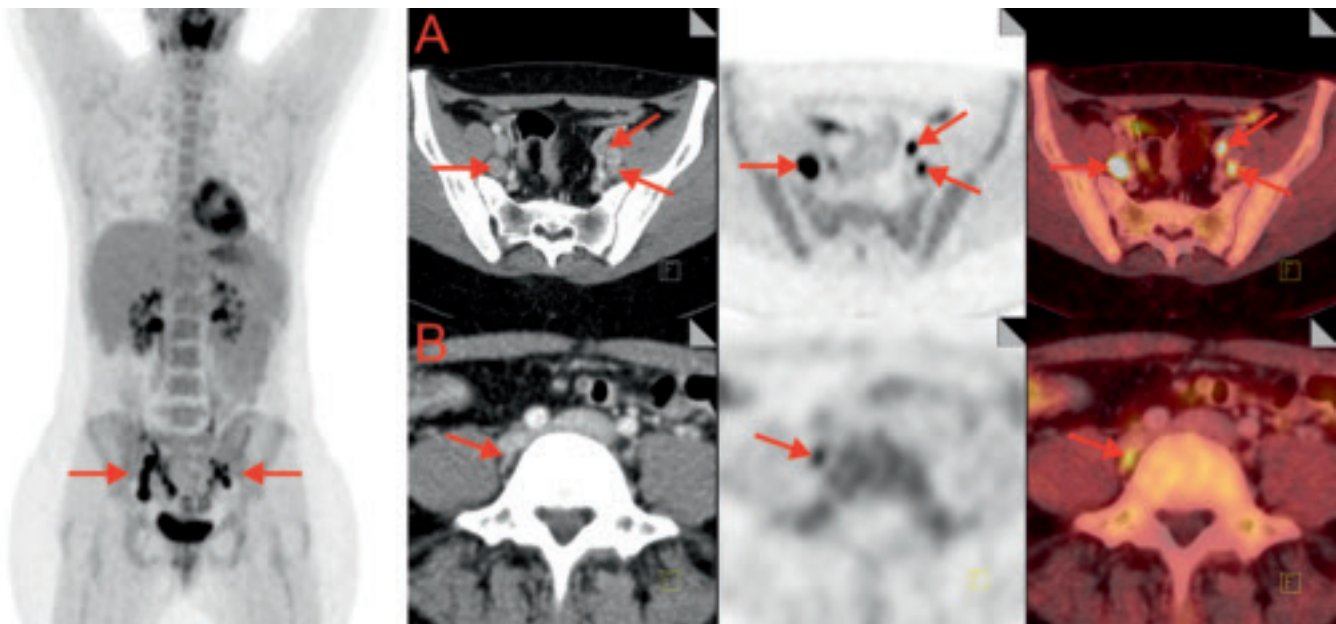


Abb 1. 33-jährige Patientin mit Zervixkarzinom cT2a: In der FDG-PET/CT Nachweis von Lymphknotenmetastasen iliakal extern beidseits. Kein Hinweis auf Fernmetastasen (A). Beispiel einer kleinen Lymphknotenmetastase in einem 4 mm durchmessenden Lymphknoten dorsal der V. iliaca communis rechts, (B) hochaufgelöste regionale PET/CT-Aufnahme des Lymphabflusses).

Zervix-, Vulva- und Vaginalkarzinom

Die Therapie des Zervixkarzinoms hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Neben dem allgemein akzeptierten Prinzip der nervenschonenden radikalen Hysterektomie (FHA 4/10) kann den Patientinnen in vielen Fällen – und bei entsprechendem Kinderwunsch – eine fertilitätserhaltende Chirurgie angeboten werden. Bei diesen Stadien angepassten Chirurgie spielt der Lymphknotenstatus eine zentrale Rolle. Bei Tumorbefall der Lymphknoten wird den Patientinnen heute meistens eine primäre Chemoradiotherapie angeboten (3, 4), da die Kombination von Lymphonodektomie und perkutaner Radiotherapie mit einer erhöhten Morbidität verbunden ist und ein therapeutischer Zugewinn dieser Kombination nicht nachgewiesen werden konnte. Es ist daher

wünschenswert, den Lymphknotenstatus vor einer definitiven Lymphonodektomie zu bestimmen, zumindest Makrometastasen in Lymphknoten bereits präoperativ zu detektieren.

Die PET/CT kann zwar keine Mikrometastasen erkennen bzw. ausschließen, in der präoperativen Planung ist sie jedoch sehr hilfreich. In den letzten Jahren haben wir systematisch vor jeder operativen Therapie wegen Zervixkarzinom eine PET/CT durchgeführt. Falls in dieser Untersuchung auf Metastasen verdächtige Lymphknoten (LK) nachzuweisen sind, führen wir gestützt auf die PET/CT eine selektive laparoskopische Exzision der suspekt stoffwechselaktiven LK durch (Abb. 1). Wenn sich histologisch der Verdacht auf eine lymphatische Metastasierung bestätigt, folgt eine Chemoradiotherapie ohne vorgängig komplette Lymphadenektomie.

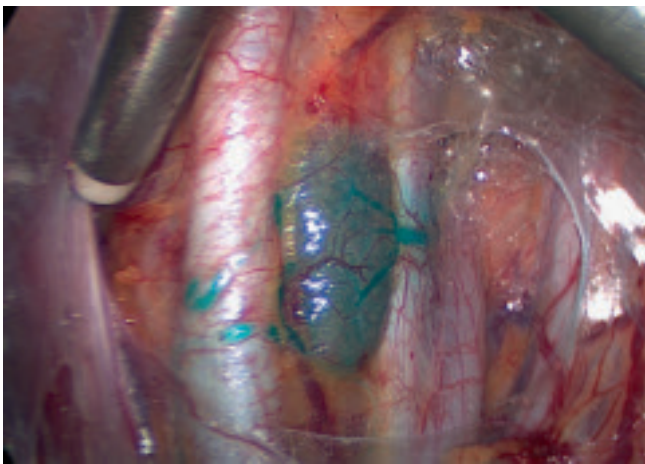


Abb 2. Blau gefärbter Sentinellymphknoten zwischen linker Art. und V. Iliaca externa bei einer 28 jährigen Patientin mit einem Zervixkarzinom FIGO Ib

Wenn die regionalen LK in der PET/CT unauffällig sind, erfolgt eine Sentinel-Szintigraphie mit nachfolgend laparoskopischer Sentinellymphonodektomie (SLN) (Abb. 2). Sind die Sentinel-Lymphknoten negativ, so folgt im gleichen Eingriff entweder ein fertilitätserhaltender Eingriff oder eine laparoskopische radikale nervenschonende Hysterektomie, entsprechend des Wunsches der Patientin bzw. der Grösse des Tumors. Dieses Vorgehen ist nur möglich dank der hohen Sensitivität der PET/CT, die im Vorfeld lymphatische Makrometastasen weitgehend ausschliesst. Nach dem definitiven Ausschluss von Makrometastasen im Sentinellymphknoten durch die Schnellschnittuntersuchung erfolgt eine definitive Operation mit minimalem Risiko unerwartet Metastasen in der kompletten Lymphadenektomie zu finden. Wir haben die letzten 40 Zervixkarzinom-Fälle nach dem oben beschriebenen Vorgehen operiert. In 2 Fällen war die PET/CT-Untersuchung falsch negativ, intraoperativ konnten Mikrometastasen bei der SLN nachgewiesen werden. In 4 Fällen wurde der LK Befall richtig positiv eingeschätzt, es gab keine falsch positive Beurteilung in der PET/CT. Die

Kombination von PET/CT und laparoskopischer SLN erlaubt somit eine gezielte und individualisierte Therapie.

Beim lokal fortgeschrittenen Zervixkarzinom ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von paraaortalen oder supraklavikulären Lymphknotenmetastasen deutlich höher. Da Lymphknotenmetastasen im kleinen Becken, paraaortal oder supraklavikulär eine grosse Bedeutung für die Prognose und Therapie haben, ist die PET/CT im lokal fortgeschrittenen Tumorstadium sehr hilfreich und der alleinigen CT-Untersuchung deutlich überlegen (5). In diesem Kollektiv haben prospektive Studien eine Sensitivität von 75–100 % und eine Spezifität von 87–100 % aufgezeigt. Entsprechend dieser hohen diagnostischen Sicherheit und unserer Erfahrung können Paatientinnen, für die entsprechend der Resultate von MRI- oder CT-Untersuchungen eine Chemoradiotherapie geplant würde, bei unauffälliger PET/CT radikal operiert werden. Die Behandlung von Patientinnen mit lokal fortgeschrittenem Zervixkarzinom wird durch eine PET/CT direkt beeinflusst (6).

Die PET/CT Untersuchung kann nicht nur zur Planung der Operation sehr hilfreich sein. In der modernen Radiotherapie können die PET/CT-Daten zur Therapieplanung des Primärtumors und der Lymphknotenmetastasen verwendet werden, mit entsprechend mehr Wirkung vor Ort, und weniger Nebenwirkung im gesunden Gewebe (7, 8). Die meisten Vulva- und Vaginalkarzinome zeigen analog zu Plattenepithelkarzinomen anderer Primärlokalisation eine sehr intensive FDG-Anreicherung und eignen sich grundsätzlich unter methodischen Gesichtspunkten für die FDG-PET/CT. In der Primärdiagnostik spielt die PET/CT jedoch unter klinischen Gesichtspunkten nur eine Nebenrolle. Beim Vulvakarzinom ist heute zur Beurteilung der inguinalen Lymphknoten die Sentinel-Szintigraphie mit nachfolgender Sentinellymphadenektomie das Standardverfahren, ein PET/CT-Ganzkörperstaging bei geringer Vortest-Wahrscheinlichkeit distanter Metastasen in der Regel nicht indiziert. Lediglich bei grösseren Tumoren, die ein operativ aufwendiges Ver-

fahren mit einer plastischen Deckung mittels Lappen verlangen, kann eine PET/CT zum präoperativen Ausschluss von Fernmetastasen im Einzelfall sinnvoll sein. Auch bei zentral gelegenen Tumoren ist eine PET/CT hilfreich, um gegebenenfalls iliakale Metastasen zu erfassen.

Endometriumkarzinom

Der Stellenwert der PET/CT im Primärstaging des Endometriumkarzinoms ist noch nicht klar definiert. In den letzten Jahren hat ein Paradigmawechsel in der Therapie des Endometriumkarzinoms stattgefunden. In den Stadien pT1a bzw. pT1b, G1 oder G2, ist eine Lymphadenektomie inzwischen fakultativ. Eine Lymphadenektomie wird nur noch bei sogenannten „high risk“-Endometriumkarzinomen vorgeschlagen, in diesen Situationen sollte aber eine pelvine und paraaortale Lymphadenektomie durchgeführt werden. Einige Arbeiten konnten zeigen, dass die FDG-Aufnahme bei „high risk“ Endometriumkarzinomen signifikant höher ist als bei „low risk“ Endometriumkarzinomen (11, 12). Es bleibt jedoch in grösseren prospektiven Serien zu belegen, ob sich dieses Stoffwechselcharakteristikum zur nicht-invasiven Risikostratifizierung von Endometriumkarzinomen eignet und allenfalls in Zukunft für die Planung operativer Eingriffe genutzt werden kann.

Da die häufigste Lokalisation von Metastasen zum Zeitpunkt der Diagnose eines Endometriumkarzinoms die regionären Lymphknotenstationen sind, steht das chirurgische Lymphknotenstaging, wenn indiziert, im Vordergrund. Da es sich dabei häufig um Mikrometastasen handelt, kann auch eine negative PET/CT bildgebend eine Metastasierung nicht mit ausreichender Sicherheit ausschliessen. Bei „high risk“ Patientinnen oder Patientinnen mit postoperativem Nachweis von Metastasen in den regionären Lymphknoten kann eine PET/CT jedoch indiziert sein, um distante lymphatische oder hämatogene Metastasen zu detektieren oder auszuschliessen. Hier zeigte sich

die PET/CT der CT deutlich überlegen und detektierte zusätzliche Fernmetastasen in etwa 15 % der Fälle (10).

Beim Rezidiv eines Endometriumkarzinoms sind meistens die Vagina, die pelvinen oder paraaortalen Lymphknoten oder die Lungen befallen. Aufgrund ihrer hohen Sensitivität und Spezifität ist die PET/CT bei einem vermuteten Rezidiv und bei der Festlegung der Therapie hilfreich. Auch asymptomatische Rezidive werden mit der PET/CT häufiger und früher detektiert als mit anderen Methoden (13, 14). Bei Frauen mit einem isolierten Rezidiv können eine Operation und/oder eine Radiotherapie kurativ sein. Bei einem multifokalen Rezidiv muss eine palliative Therapie eingeleitet werden. Bei Patientinnen mit einem Endometriumkarzinom-Rezidiv wurde nachgewiesen, dass die PET/CT der Kontrast-CT hinsichtlich Sensitivität und Spezifität der Beurteilung der Tumorausdehnung deutlich überlegen ist (94 und 91 % vs. 87 und 68 %) und in 42 % der Fälle eine Änderung des Managements der Patientinnen zur Folge hatte (2).

Ovarialkarzinom

Eine frühzeitige Diagnose ist der wichtigste prognostische Faktor beim Ovarialkarzinom. Ziel der operativen Therapie beim Ovarialkarzinom ist die vollständige Entfernung aller makroskopisch sichtbaren Herde. Verschiedene Arbeiten haben die Wertigkeit der präoperativen PET/CT untersucht, um zu definieren ob ein optimales Debulking bei fortgeschrittenen Ovarialkarzinomen erreicht werden kann (15). Auch wenn die PET/CT im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren das Stadium eines Ovarialkarzinoms besser einschätzt und meistens zu einem „upstaging“ des Tumors führt, wird die PET/CT wegen der höheren Kosten und des nur geringen zusätzlichen klinischen Werts präoperativ nicht routinemässig durchgeführt.

Die Wertigkeit der Messung des Tumormarkers CA125 in der Nachsorge des Ovarialkarzinoms wird umstritten

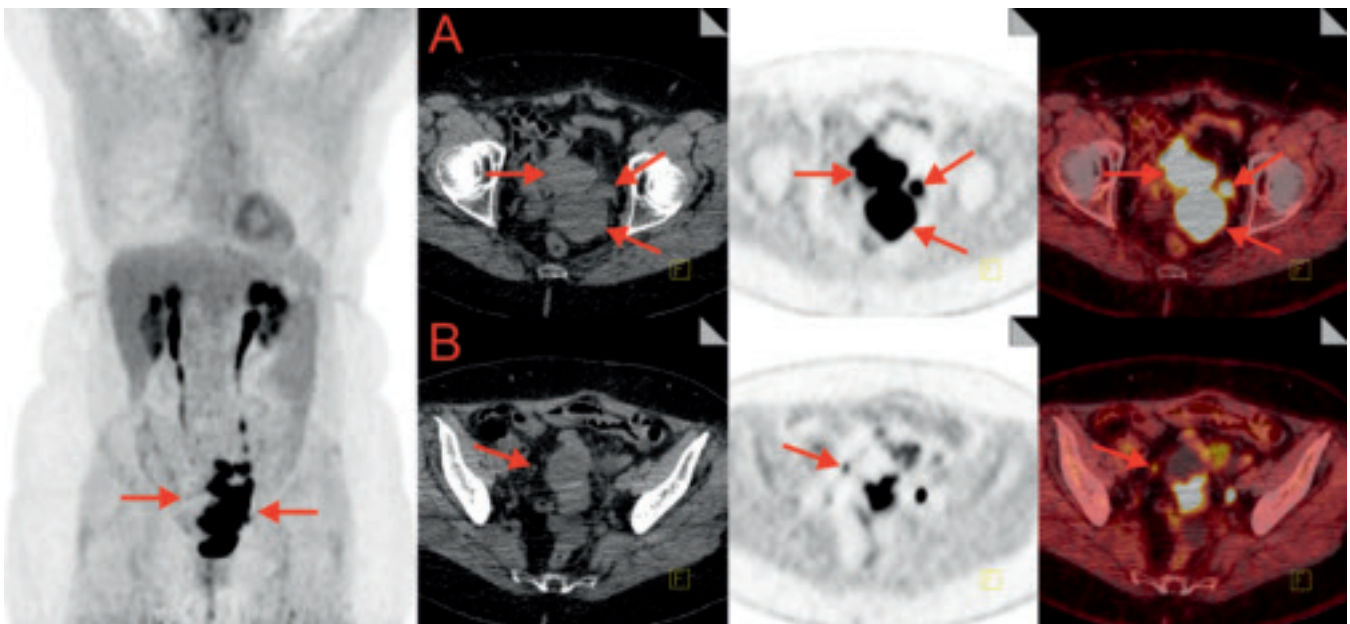


Abb 3. 68-jährige Patientin mit Rezidiv eines Ovarialkarzinoms: In der FDG-PET/CT ausgedehntes pelvines Rezidiv mit Darminfiltration und benachbarten grossen Lymphknotenmetastasen pelvin links (A). Zusätzlich Nachweis mehrerer bis 4 mm durchmessender Lymphknotenmetastasen mesenterial pelvin rechts (B). Kein Hinweis auf Fernmetastasen.

diskutiert. Auch wenn in der Nachsorge des serösen Ovarialkarzinoms die Bestimmung des CA125 nicht hilfreich ist, so sollte dieser Tumormarker bei den anderen histologischen Entitäten weiterhin bestimmt werden (16). Bei ansteigendem CA125 zeigen neuere Studien, dass mit der PET/CT der Ort des Rezidivs früher und genauer erkannt werden kann als mit konventionellen Methoden wie CT, MRI oder PET alleine. Bei Verdacht auf Rezidiv eines Ovarialkarzinoms ist es von ausserordentlicher Wichtigkeit präoperativ zu definieren, ob es sich um ein lokales oder ein disseminiertes Rezidiv handelt. Die DESKTOP I und II Studien der Deutschen AGO haben gezeigt, dass eine Operation wegen Ovarialkarzinomrezidiv nur sinnvoll ist, wenn der Tumor vollständig entfernt werden kann (Abb. 3). Deshalb ist vor einer Operation wegen eines Ovarialkarzinomrezidivs ein PET/CT sinnvoll. Falls

beim präoperativen PET/CT ein disseminiertes Rezidiv nachgewiesen wird, so können diese Informationen auch zum Monitoring der Chemotherapie genutzt werden.

Mammakarzinom

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Mammakarzinome erfolgt die bildgebende Abklärung des Primarius präoperativ durch Mammographie und Ultraschall, in besonderen Fällen auch mittels Mamma-MRI. Die FDG-PET spielte bislang klinisch keine Rolle bei der Beurteilung des Primärtumors, da der Nachweis kleinerer oder diffus wachsender Karzinome mit bisherigen Geräten und Standardaufnahmeprotokollen nicht regelhaft gelang (17).

Für die Metastasensuche im Primärstaging des Mammakarzinoms gelten die Oberbauchsonographie, das Thoraxröntgenbild und die Skelettszintigraphie weiterhin als Standard. Da konventionelle Staging-Untersuchungen signifikant weniger Metastasen als die FDG-PET/CT detektieren (22), ist der Einsatz der PET/CT bei Patientinnen mit mittlerem, insbesondere aber hohem Metastasen- und Rezidivrisiko als sinnvoll zu erachten. In Hinblick auf Fernmetastasen bietet die PET/CT den Vorteil, die üblichen Metastasierungsorte wie Skelett, Leber, Lunge in einer einzigen Untersuchung abklären zu können. Auch Metastasen in mediastinalen Lymphknoten oder pelvin können zuverlässig detektiert werden. Bezüglich ossärer Metastasen verhalten sich FDG-PET und Skelettszintigraphie komplementär mit diagnostischen Vorteilen der PET bei osteolytischen Metastasen bzw. der Skelettszintigraphie bei osteoblastischen Metastasen, die gelegentlich FDG-negativ sein können. Diese Differenzierung ist jedoch nach unseren Erfahrungen bei heutigen integrierten PET/CT-Systemen kaum noch relevant, da FDG-negative osteoblastische Skelettmastasen zuverlässig in der koregistrierten CT erkannt werden können.

Wenn indiziert erbringt die PET/CT im Primärstaging des Mammakarzinoms häufig therapierelevante Zusatzinformationen. Die Häufigkeit von Therapiemodifikationen auf der Basis der FDG-PET lag in einer eigenen retrospektiven Analyse zwischen 8 % für die Stadien I-II B und 29 % für Patientinnen mit fortgeschrittenen Tumoren (Stadien III A-C) (23). Eine klare Indikation für eine PET/CT im Rahmen des Primärstagings stellt das inflammatorische Mammakarzinom dar, wo durch zusätzlich entdeckte hämatogene Fernmetastasen und extraaxilläre Lymphknotenmetastasen in einem Drittel der Patientinnen mit einer Modifikation des therapeutischen Konzeptes zu rechnen ist (25) (Abb. 4).

Während das Primärstaging mit PET/CT bei Patientinnen mit Stadien III A-C generell als nützlich angesehen werden kann, fehlen bislang grössere prospektive Studien, um zu klären, aufgrund welcher klinischer und histolo-

gischer Parameter bei Patientinnen mit Stadium II der Einsatz der PET/CT sinnvoll und kosteneffizient ist. Eine Sonderstellung nimmt die PET/CT vor neo-adjuvanter Therapie ein, da sie in Hinblick auf die spätere Radiotherapieplanung das Ausmass des makroskopischen Lymphknotenbefalls prätherapeutisch definieren kann. Die Datenlage zum regionalen Lymphknotenstaging mittels PET/CT ist in der Literatur insgesamt unübersichtlich und wird auch in jüngeren Reviews in der Regel nicht ausreichend differenziert betrachtet (26). Grundsätzlich bleibt die Sentinellymphonodektomie das Verfahren der Wahl zur Bestimmung des axillären Lymphknotenstatus. Die PET/CT, insbesondere mit neueren hochauflösenden Geräten, ist jedoch das genaueste bildgebende Verfahren zur Abklärung eines extraaxillären LK-Befalls.

Klinisch und prognostisch von Bedeutung ist neben dem Befall supraclavikulärer LK die lymphatische Metastasierung entlang der A. mammaria interna. Die Rate positiver parasternaler LK im Primärstaging liegt in grösseren PET-Serien zwischen 6–25 % (23, 27), jeweils abhängig vom Anteil medial gelegener Tumore im untersuchten Kollektiv. Die PET/CT ist die einzige Modalität, die regelhaft auch parasternale Metastasen in morphologisch unauffälligen LK identifiziert. Diese LK-Metastasen können mit Methoden der modernen Radiotherapie heute intensitätsmoduliert gezielt mit akzeptabler Toxizität behandelt werden.

Der Nutzen der FDG-PET bei lokalem oder lymphatischem Rezidiv sowie klinischem oder laborchemischem Verdacht auf Metastasen ist in der Literatur durch eine Vielzahl von Studien belegt. Die kombinierte PET/CT ist dabei der konventionellen PET bei einer gepoolten Sensitivität und Spezifität von 96 und 92 % überlegen (1, 28–30). Auch die Frage der Differenzierung zwischen postoperativer Narbe und Thoraxwandrezidiv kann eine sinnvolle PET/CT-Indikation sein, wobei die PET/CT der alleinigen CT bei dieser Frage überlegen ist. Bei Patientinnen mit steigenden Tumormarkern und negativer CT-Bildgebung kann mit der PET/CT häufig ein Rezidiv

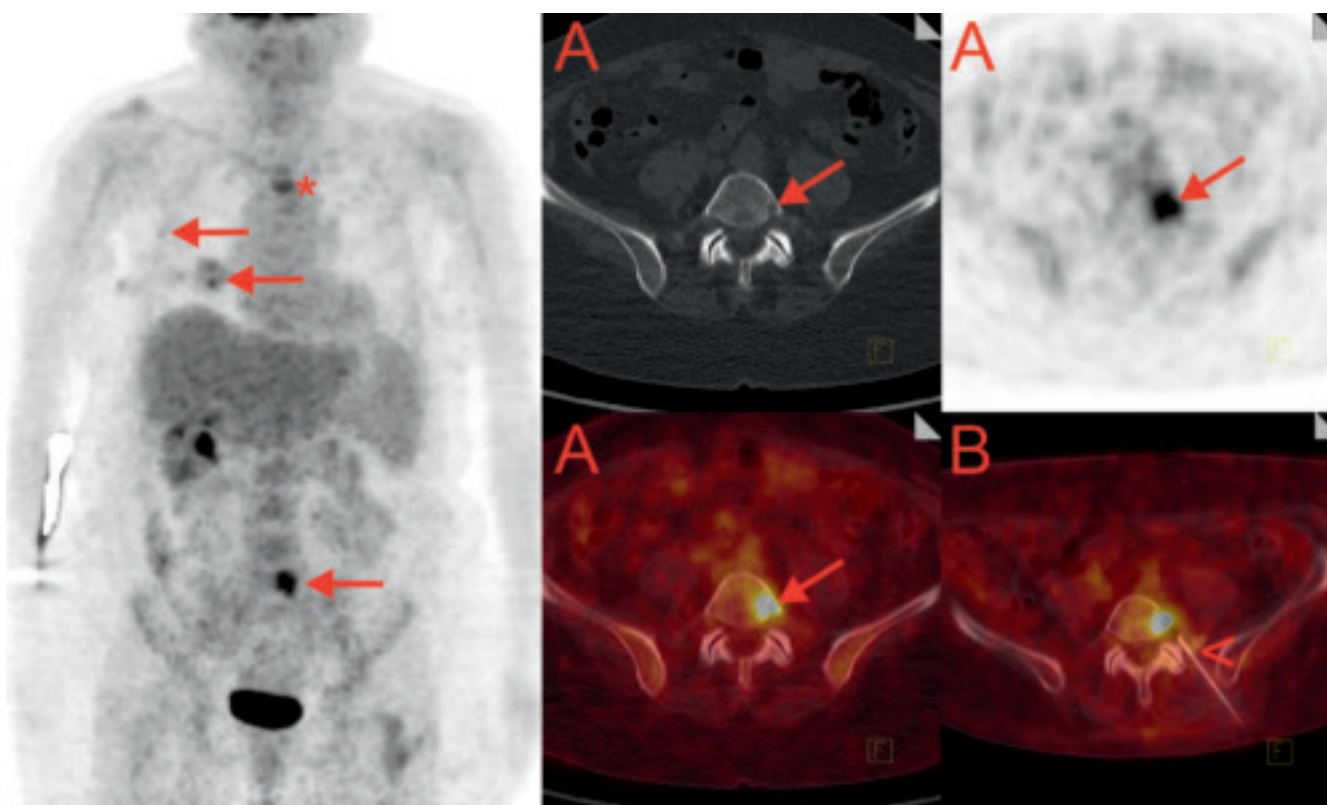


Abb 4. 74-jährige Patientin mit neu diagnostiziertem invasiv-duktalem Mammakarzinom: In der FDG-PET/CT neben Primärtumor mit Lymphangiosis carcinomatosa und axillären Lymphknotenmetastasen Verdacht auf eine solitäre ossäre Metastase (A). Histologische Sicherung der Verdachtsdiagnose durch eine PET/CT-gezielte perkutane Biopsie (B). Nebenbefundlich frische Sinterfraktur der oberen BWS (Stern).

lokalisiert werden und die PET/CT modifiziert das ursprünglich geplante Therapiekonzept in rund der Hälfte der Fälle (31, 32). Der Einsatz der PET/CT vereinfacht und beschleunigt in der Rezidivsituation die Wahl eines geeigneten Therapiekonzeptes.

Kostenerstattung in der Schweiz

Die FDG-PET wird in der Schweiz seit mehr als einem Jahrzehnt im Rahmen einer Evaluationsphase für be-

stimmte Tumorerkrankungen und Indikationen durch die obligatorische Krankenpflegeversicherung ambulant erstattet. Seit der Revision vom 10. Dezember 2008 ist die FDG-PET/CT in Anlehnung an die klinischen Richtlinien für PET-Untersuchungen der Schweizerischen Gesellschaft für Nuklearmedizin (SGNM) grundsätzlich erstattungsfähig, wobei dem jeweiligen Facharzt für Nuklearmedizin die kritische Überprüfung der Indikationen in Hinblick auf methodische Eignung, potentiellen Einfluss auf das Patientenmanagement und in diesem Sinne potentielle Kosteneffizienz obliegt.

Fazit für die Praxis

Die PET/CT hat sich in der kurzen Zeit ihres klinischen Einsatzes zunehmend etabliert. Dies ist wenig überraschend, da zwei etablierte, ausgereifte Verfahren kombiniert wurden, die komplementäre Informationen erbringen. Das wachsende Interesse an PET/CT zeigt sich in einer zunehmenden Anzahl von Publikationen zur Wertigkeit der PET/CT im Staging, Restaging und bei der Rezidivdiagnostik von gynäko-onkologischen Patientinnen. Für die PET/CT werden zunehmend spezielle Indi-

kationsgebiete definiert, die über die Einzelindikationen von PET und CT hinausgehen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über sinnvolle Indikationen der FDG-PET/CT unter Berücksichtigung aktueller nationaler und internationaler Richtlinien.

Das Potential der PET/CT ist wohl noch nicht ausgeschöpft und die PET/CT entwickelt sich weiter, sowohl apparativ als auch bzgl. ihres klinischen Einsatzes. Die Weiterentwicklung sowohl der PET- als auch der CT-Komponenten wird zu noch leistungsfähigeren PET/CT-Systemen führen, so dass dieses bildgebende Verfahren

Tab 1. Sinnvolle Indikationen für PET/CT-Untersuchungen in der Gynäko-Onkologie

Tumor		Indikation
Vagina und Vulva	(W)	Im Einzelfall Staging, Lymphknoten- und Fernmetastasen
Zervix	(W)	Staging, Lymphknoten- und Fernmetastasen
	(W)	Lokalrezidiv, Lymphknoten- und Fernmetastasen
Uterus	(W)	Im Einzelfall Staging für Lymphknoten- und Fernmetastasen
Ovarien	(W)	Staging, Rezidivsuche, Re-Staging
		Tumormarkeranstieg ohne Korrelat
Mamma	(W)	Staging bei sog. „Hoch-Risiko-Situation“ zum Ausschluss von Fernmetastasen*
	(W)	Rezidiv
Lymphknotenmetastase bei CUP	(P)	Primärtumorsuche, Staging
Melanom	(P)	Staging, Metastasensuche bei höheren Stadien

Legende:

P = Primäruntersuchung: Bei der FDG-PET/CT handelt es sich um das Untersuchungsverfahren, das mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Beitrag zur Diagnose liefert und einen Einfluss auf das Management des Patienten hat.

W = Weiterführende Untersuchung: Es handelt sich bei der FDG-PET/CT um eine Untersuchung, die weiterführend zur gezielten Beantwortung einer spezifischen Fragestellung eingesetzt werden kann. In komplexen Fällen ist eine interdisziplinäre Diskussion der Indikationsstellung sinnvoll.

*nicht für das axilläre LK-Staging

Kernaussagen

- Die PET/CT vereint die Vorteile nuklearmedizinischer und morphologisch-anatomischer Schnittbildgebung und ist, bei ausgewogener und optimaler Indikationsstellung, ein leistungsfähiges Untersuchungsverfahren.
- Die PET/CT ermöglicht die Detektion und Charakterisierung lymphogener und hämatogener Metastasen im Bereich des gesamten Körperstamms in einem Untersuchungsgang
- Deshalb ist sie eine zuverlässige Grundlage für eine Stadien-adaptierte Therapieplanung bei den meisten gynäkologischen Tumoren.

zum Staging und zur Therapiekontrolle bei gynäkologischen Tumoren noch an Bedeutung gewinnen wird. Wenn die PET/CT die Durchführung anderer bildgebenden Verfahren ersetzen kann und die Untersuchung günstiger wird, wird sie deutlich kosteneffizienter und somit in der Gynäko-Onkologie zunehmend indiziert werden.

Literatur

1. Fueger BJ, et al. Performance of 2-deoxy-2-[F-18]fluoro-D-glucose positron emission tomography and integrated PET/CT in re-staged breast cancer patients. *Mol. Imaging Biol.* 2005; 7:369–76.
2. Kitajima K, et al. Performance of integrated FDG-PET/contrast-enhanced CT in the diagnosis of recurrent uterine cancer: comparison with PET and enhanced CT. *Eur J. Nucl. Med. Mol. I* 2009; 36:362–72.
3. Mabuchi S, et al. Radical hysterectomy with adjuvant radiotherapy versus definitive radiotherapy alone for FIGO stage IIB cervical cancer. *Gynecol. Oncol.* epub ahead of print
4. Yamashita H, et al. Comparison between conventional surgery plus postoperative adjuvant radiotherapy and concurrent chemoradiation for FIGO stage IIB cervical carcinoma: a retrospective study. *Am. J. Clin. Oncol.* 2010; 33:583–6.
5. Loft A, et al. The diagnostic value of PET/CT scanning in patients with cervical cancer: a prospective study. *Gynecol. Oncol.* 2007; 106:29–34.
6. Chao A, Ho KC, Wang CC, Cheng HH, Lin G, Yen TC, Lai CH. Positron emission tomography in evaluating the feasibility of curative intent in cervical cancer patients with limited distant lymph node metastases. *Gynecol. Oncol.* 2008; 110:172–8.
7. Caroli P, Fanti S. PET/CT and radiotherapy in gynecological cancer. *Q J Nucl. Med. Mol. Imaging* 2010; 54:533–42.
8. Kidd EA, et al. Clinical outcomes of definitive intensity-modulated radiation therapy with fluorodeoxyglucose-positron emission tomography simulation in patients with locally advanced cervical cancer. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2010; 77:1085–91.
9. Kidd EA, Siegel BA, Dehdashti F, Rader JS, Mutch DG, Powell MA, Grigsby PW. Lymph node staging by positron emission tomography in cervical cancer: relationship to prognosis. *J. Clin. Oncol.* 2010; 28:2108–13.
10. Picchio M, et al. High-grade endometrial cancer: value of [(18)F] FDG PET/CT in preoperative staging. *Nuc. Med. Comm.* 2010; 31:506–12.
11. Lee HJ, et al. Preoperative risk stratification using 18F-FDG PET/CT in women with endometrial cancer. *Nuclear medicine* 2011; 50.
12. Nakamura K, Hongo A, Kodama J, Hiramatsu Y. The measurement of SUVmax of the primary tumor is predictive of prognosis for patients with endometrial cancer. *Gynecol. Oncol.* 2011; 123: 82–7.
13. Park JY, Kim EN, Kim DY, Kim JH, Kim YM, Kim YT, Nam JH. Clinical impact of positron emission tomography or positron emission tomography/computed tomography in the posttherapy surveillance of endometrial carcinoma: evaluation of 88 patients. *Int. J. Gynecol. Cancer* 2008; 18:1332–8.
14. Ryu SY, Kim K, Kim Y, Park SI, Kim BJ, Kim MH, Choi SC, Lee ED, Lee KH, Kim BI. Detection of recurrence by 18F-FDG PET in patients with endometrial cancer showing no evidence of disease. *J. Kor. Medic. Science* 2010; 25:1029–33.
15. Gu P, Pan LL, Wu SQ, Sun L, Huang G. CA 125, PET alone, PET-CT, CT and MRI in diagnosing recurrent ovarian carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Radiol.* 2009; 71:164–74.
16. Verheijen RH, Cibula D, Zola P, Reed N. Cancer Antigen 125: Lost to Follow-Up?: A European Society of Gynaecological Oncology Consensus Statement. *Int. J. Gynecol. Cancer* 2011; epub ahead of print
17. Avril N, Rose CA, Schelling M, Dose J, Kuhn W, Bense S, Weber W, Ziegler S, Graeff H, Schwaiger M. Breast imaging with positron emission tomography and fluorine-18 fluorodeoxyglucose: use and limitations. *J. Clin. Oncol.* 2000; 18:3495–502.
18. Heusner TA, Kuemmel S, Umutlu L, Koeninger A, Freudenberg LS, Hauth EA, Kimmig KR, Forsting M, Bockisch A, Antoch G. Breast cancer staging in a single session: whole-body PET/CT mammography. *J. Nucl. Med.* 2008; 49:215–22.

19. Schilling K, Narayanan D, Kalinyak JE, The J, Velasquez MV, Kahn S, Saady M, Mahal R, Chrystal L. Positron emission mammography in breast cancer presurgical planning: comparisons with magnetic resonance imaging. *Eur. J. Nucl. Med. Mol.* 2011; 38:23–36.
20. Brennan ME, Houssami N, Lord S, Macaskill P, Irwig L, Dixon JM, Warren RM, Ciatto S. Magnetic resonance imaging screening of the contralateral breast in women with newly diagnosed breast cancer: systematic review and meta-analysis of incremental cancer detection and impact on surgical management. *J. Clin. Oncol.* 2009; 27:5640–9.
21. Houssami N, Ciatto S, Macaskill P, Lord SJ, Warren RM, Dixon JM, Irwig L. Accuracy and surgical impact of magnetic resonance imaging in breast cancer staging: systematic review and meta-analysis in detection of multifocal and multicentric cancer. *J. Clin. Oncol.* 2008; 26:3248–58.
22. Fuster D, et al. Preoperative staging of large primary breast cancer with [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography compared with conventional imaging procedures. *J. Clin. Oncol.* 2008; 26:4746–51.
23. Klaeser B, Wiederkehr O, Koeberle D, Mueller A, Bubeck B, Thuerlimann B. Therapeutic impact of 2-[fluorine-18]fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography in the pre- and postoperative staging of patients with clinically intermediate or high-risk breast cancer. *Ann. Oncol.* 2007; 18:1329–34.
24. Groheux D, Moretti JL, Baillet G, Espie M, Giacchetti S, Hindie E, Hennequin C, Vilcoq JR, Cuvier C, Toubert ME, Filmont JE, Sarandi F, Misset JL. Effect of (18)F-FDG PET/CT imaging in patients with clinical Stage II and III breast cancer. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2008; 71:695–704.
25. Alberini JL, Lerebours F, Wartski M, Fourme E, Le Stanc E, Gontier E, Madar O, Cherel P, Pecking AP. 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography (FDG-PET/CT) imaging in the staging and prognosis of inflammatory breast cancer. *Cancer* 2009; 115:5038–47.
26. Cooper KL, Harnan S, Meng Y, Ward SE, Fitzgerald P, Papaioannou D, Wyld L, Ingram C, Wilkinson ID, Lorenz E. Positron emission tomography (PET) for assessment of axillary lymph node status in early breast cancer: A systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Surg. Oncol.* 2011; 37:187–98.
27. Gil-Rendo A, Zornoza G, Garcia-Velloso MJ, Regueira FM, Beorlegui C, Cervera M. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography with sentinel lymph node biopsy for evaluation of axillary involvement in breast cancer. *Br. J. Surg.* 2006; 93:707–12.
28. Piperkova E, Raphael B, Altinyay ME, Castellon I, Libes R, Sandella N, Heiba S, Abdel-Dayem H. Impact of PET/CT in comparison with same day contrast enhanced CT in breast cancer management. *Clin. Nucl. Med.* 2007; 32:429–34.
29. Aukema TS, Rutgers EJ, Vogel WV, Teertstra HJ, Oldenburg HS, Vrancken Peeters MT, Wesseling J, Russell NS, Valdes Olmos RA. The role of FDG PET/CT in patients with locoregional breast cancer recurrence: a comparison to conventional imaging techniques. *Eur. J. Surg. Oncol.* 2010; 36:387–92.
30. Dirisamer A, Halpern BS, Flory D, Wolf F, Beheshti M, Mayerhoefer ME, Langsteger W. Integrated contrast-enhanced diagnostic whole-body PET/CT as a first-line restaging modality in patients with suspected metastatic recurrence of breast cancer. *Eur. J. Radiol.* 2010; 73:294–9.
31. Radan L, Ben-Haim S, Bar-Shalom R, Guralnik L, Israel O. The role of FDG-PET/CT in suspected recurrence of breast cancer. *Cancer* 2006; 107:2545–51.
32. Filippi V, Malamitsi J, Vlachou F, Laspas F, Georgiou E, Prassopoulos V, Andreou J. The impact of FDG-PET/CT on the management of breast cancer patients with elevated tumor markers and negative or equivocal conventional imaging modalities. *Nucl. Med. Commun.* 2010.